

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-219786

(43)Date of publication of application : 30.08.1996

(51)Int.CI.

G01C 15/00
B60R 21/00
G01B 11/24
G01B 11/30
G01C 21/00
G08G 1/09

(21)Application number : 07-046569

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

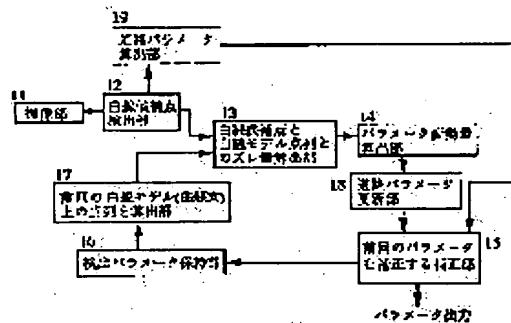
(22)Date of filing : 09.02.1995

(72)Inventor : UENO YASUSHI

(54) DETECTING DEVICE OF ROAD

(57)Abstract:

PURPOSE: To recognize three-dimensional shape of a road and a position and the posture of a vehicle itself with little operational load.
CONSTITUTION: A white line candidate detection section 12 detects a candidate point of a white line on an image of a road surface imaged by an image-picking-up section 11. A position of the candidate point of the white line of a prior time represented by a parameter description equation and a parameter related to a position of a vehicle itself and a traffic lane width obtained from actual position information of the candidate point of the white line placed on right and left positions at lowermost part of the image of the road surface are compared with each other, then a newest value of the parameter is calculated based on the compared result. The newest parameter is held in a detection parameter holding section 16 to be applied to the next comparison operation. The parameter description equation is a quadratic curve approximation equation described by a coordinate system of the image of the road surface and the plurality of parameters are related to the position, posture and the like of the vehicle itself. Thereby, it is possible to dispense with conversion of data coordinates and repeat operation for obtaining an approximate solution, to enhance operation speed and detection accuracy and to achieve interruption of another arithmetic operation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3463397

[Date of registration] 22.08.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

[of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-219786

(43)公開日 平成8年(1996)8月30日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 01 C 15/00			G 01 C 15/00	A
B 60 R 21/00	6 3 0	8817-3D	B 60 R 21/00	6 3 0
G 01 B 11/24			G 01 B 11/24	C
11/30			11/30	W
G 01 C 21/00			G 01 C 21/00	A

審査請求 未請求 請求項の数4 FD (全14頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願平7-46569	(71)出願人	000003997 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(22)出願日	平成7年(1995)2月9日	(72)発明者	上野 裕史 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産 自動車株式会社内

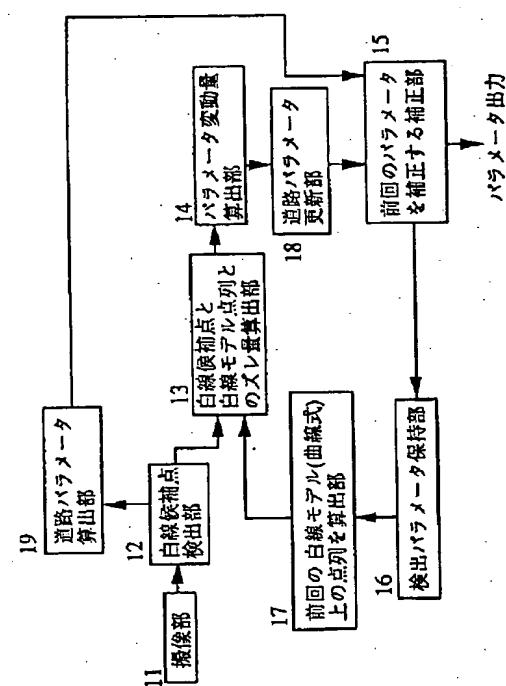
(74)代理人 弁理士 菊谷 公男 (外3名)

(54)【発明の名称】 走行路検出装置

(57)【要約】

【目的】 道路の三次元形状と自車両位置、姿勢を少ない演算負荷で認識する。

【構成】 白線候補点検出部12は、撮像部11による路面画像上の白線候補点を検出する。パラメータ記述式による前時刻の白線候補点の位置と、路面画像の最下端左右の白線候補点の実際位置情報より得られた自車位置、車線幅に関連したパラメータとを比較し、この比較結果に基づいてパラメータの最新値を算出する。最新のパラメータが検出パラメータ保持部16に保持され、次の比較処理に供される。パラメータ記述式は、路面画像の座標系で記述された2次曲線近似式であって、複数のパラメータは、自車両位置、姿勢等に関連付けてある。これにより、データ座標変換を必要とせず、近似解を得るために繰り返し演算が不要となり、処理速度、検出精度の向上、他の演算処理の割り込み等が実現される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 車両前方の路面画像を入力する画像入力手段を有し、該路面画像上の白線を検出して、路面の三次元形状と路面に対する車両の相対位置関係とを識別する走行路検出装置において、

前記白線の二次曲線近似式を路面画像の座標系に変換したパラメータ記述式における、走行車線内の車両位置、道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾き、道路幅にそれぞれ関連付けた複数のパラメータを保持する検出パラメータ保持手段と、

路面画像上の前記白線に沿った複数の白線候補点について、路面画像の座標系における位置情報を求める白線候補点検出手段と、

自車両直前部の路面画像上の最下端左右の白線候補点の位置情報より走行車線内の車両位置と道路幅とに関連付けられた最新の道路パラメータを算出する道路パラメータ算出手段と、

前記検出パラメータ保持手段に保持した過去の複数のパラメータから演算した仮想的な白線モデル上の点の位置と、前記白線候補点検出手段により路面画像から求めた最新の白線候補点の位置とのズレ量を算出する白線候補点位置ズレ量算出手段と、

該白線候補点位置ズレ量算出手段より得られたズレ量に基づき道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾きに関連付けられたパラメータの変動量を算出するパラメータ変動量算出手段と、

該変動量に基づいて道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾きに関連付けられたパラメータを更新する道路パラメータ更新手段と、

前記道路パラメータ算出手段より得られた走行車線内の車両位置と道路幅とに関連付けられた最新のパラメータと、前記道路パラメータ更新手段により更新された道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾きに関連付けられた最新のパラメータに、前記検出パラメータ保持手段により保持している道路パラメータを補正するパラメータ補正手段と、を有することを特徴とする走行路検出装置。

【請求項2】 前記パラメータ変動量算出手段は、前記白線候補点位置ズレ量算出手段より得られたズレ量に基づき道路パラメータの変動量を最小二乗法を用いて算出することを特徴とする請求項1記載の走行路検出装置。

【請求項3】 前記パラメータ補正手段は、更新された複数の道路パラメータに基づいて、道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾きを算出して出力する道路形状出力手段を含むことを特徴とする請求項1または2記載の走行路検出装置。

【請求項4】 前記パラメータ記述式は、走行車線内の車両位置、道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾き、道路幅に関連付けた複数のパラメータをそれぞれa、b、c、d、eとし、路面座標系をx、yとし、iを整数として、

$$x = (a + i e) (y - d) + b / (y - d) + c$$
であることを特徴とする請求項1、2、または3記載の走行路検出装置。

10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、自動車や無人搬送車等における走行道路領域を画像処理によって認識する走行路検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の走行路検出装置としては、第7回「産業における画像センシングシンポジウム(平成4年7月7日)」において発表された「連続道路画像からの道路構造と車両姿勢の実時間推定」という論文に記載されているものがある。これは、路面画像から抽出した白線の画像データから、道路曲率、勾配、さらには車両姿勢(ピッチ角、ヨー角、ロール角)を同時に推定する手法について述べている。

【0003】 白線モデルとしては、道路座標系によって記述される多次曲線を用いる。入力された画像から白線候補点を抽出し、画像座標からカメラ座標、カメラ座標からさらに道路座標へという2段階の座標変換を経て、白線候補を道路座標系上に投影したものと、前回の白線候補に基づく道路モデル上の点とを比較する。その比較結果に基づいて多次曲線式のパラメータの各数値が算出され、これらのパラメータにより道路モデルの多次曲線式を更新しつつ、上述の走行路と車両姿勢を認識する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような従来の走行路検出装置は特殊な演算装置を用いたうえに、膨大な演算処理を必要とするため車両などに搭載する実用化は困難であった。また車両に搭載した場合には、検出結果に基づき、例えば路面画像上で先行車の認識、車線変更に対する警報など、他の演算処理を割り込み処理で行なうことも必要となるが、2段階の座標変換を伴なう膨大な演算処理はこれら機能の実現のうえでも障害となるという問題があった。さらに多次曲線式の多くのパラメータを、白線候補点の比較だけで行なうため、概ね道路曲線の形状を記述できるものの、その精度の面では問題があった。

【0005】 このため、特殊な演算装置を用いず簡単な演算で走行路を検出できる走行路検出装置として、出願人は、特願平6-163052で提案しているものがある。これは、水平面を二次式、垂直面を一次式で近似することで、道路を路面画像座標系において5つのパラメ

ータによるパラメータ記述式で表わすことにより計算負荷を軽減した走行路検出装置である。しかし、5つのパラメータを求めるにあたっては、近似解を得るために繰り返し演算を行なう必要があるうえ、5つのパラメータ全てが推定値となるため精度を完全に確保できず、上記のような問題が十分に解消し尽くされていない実情がある。

【0006】本発明は、上記の問題に鑑みなされたものであり、5つのパラメータのうち、白線候補点から直接かつ正確に算定できるパラメータを画像上から直接得ることにより、少ない演算で高速かつ道路形状を正確に認識できる走行路検出装置を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1の走行路検出装置は、車両前方の路面画像を入力する画像入力手段を有し、該路面画像上の白線を検出して、前記白線の二次曲線近似式を路面画像の座標系に変換したパラメータ記述式における、走行車線内の車両位置、道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾き、道路幅にそれぞれ関連付けた複数のパラメータを保持する検出パラメータ保持手段と、路面画像上の前記白線に沿った複数の白線候補点について、路面画像の座標系における位置情報を求める白線候補点検出手段と、自車両直前部の路面画像上の最下端左右の白線候補点の位置情報より走行車線内の車両位置と道路幅とに関連付けられた最新の道路パラメータを算出手段と、前記検出パラメータ保持手段に保持した過去の複数のパラメータから演算した仮想的な白線モデル上の点の位置と、前記白線候補点検出手段により路面画像から求めた最新の白線候補点の位置とのズレ量を算出手段と、該白線候補点位置ズレ量算出手段と、該白線候補点位置ズレ量算出手段より得られたズレ量に基づき道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾きに関連付けられたパラメータの変動量を算出手段と、該変動量に基づいて道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾きに関連づけられたパラメータを更新する道路パラメータ更新手段と、前記道路パラメータ算出手段より得られた走行車線内の車両位置と道路幅とに関連付けられた最新のパラメータと、前記道路パラメータ更新手段により更新された道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾きに関連付けられた最新のパラメータに、前記検出パラメータ保持手段により保持している道路パラメータを補正するパラメータ補正手段と、を有するものとした。

【0008】請求項2の走行路検出装置は、請求項1記載の走行路検出装置において、前記パラメータ変動量算出手段は、前記白線候補点位置ズレ量算出手段より得ら

れたズレ量に基づき道路パラメータの変動量を最小二乗法を用いて算出するものとした。

【0009】請求項3の走行路検出装置は、請求項1または2記載の走行路検出装置において、前記パラメータ補正手段は、更新された複数の道路パラメータに基づいて、道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾きを算出して出力する道路形状出力手段を含むものとした。

【0010】請求項4の走行路検出装置は、請求項1、10 2、または3記載の走行路検出装置において、前記パラメータ記述式は、走行車線内の車両位置、道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾き、道路幅に関連付けた複数のパラメータをそれぞれa、b、c、d、eとし、路面画像の座標系をx、yとし、iを整数として、

$$x = (a + i \cdot e) \cdot (y - d) + b / (y - d) + c$$
 であるものとした。

【0011】

【作用】請求項1記載の走行路検出装置は、自車両の直前部にある最下端左右の白線候補点の位置情報より直接得られる走行車線内の車両位置と道路幅とに関連付けられた現時刻の道路パラメータと、パラメータ記述式による前時刻の白線モデル上の点の位置と、路面画像から求めた現時刻の白線候補点の位置とを、路面画像の座標系で比較する演算操作のみで座標変換の演算を一切行なうこと無く推定される道路パラメータにより、パラメータ記述式の複数のパラメータを最新の値に更新する。ここで、白線は平面的には平行する複数本の二次曲線、高さ方向には傾斜一定の坂道として近似式化され、この近似式を路面座標系に変換してパラメータ記述式としている。従って路面画像の座標系を用いた演算操作だけで複数のパラメータを直接求めることができ、求めた白線候補点の数値自体の座標変換は行なわないで済む。

【0012】請求項2記載の走行路検出装置では、前時刻のパラメータ記述式による白線モデル上の点の位置と、現時刻の路面画像から求めた白線候補点の位置のズレ量を複数のパラメータの変動量を求める際に最小二乗法を用いる。請求項3の走行路検出装置では、更新された最新の道路パラメータから、車両の進行につれて刻々と変化する前方道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾きが算出されて、直ちに出力される。この出力を用いて種々の機能、例えば道路曲率に追従した自動操舵やレーダの検出領域の最適設定、車線逸脱に対する警告などの機能を構築できる。

【0013】請求項4記載の走行路検出装置では、走行車線内の車両位置、道路の平面曲率、車線に対する車両の横方向の傾き、道路平面に対する車両の縦方向の傾き、道路幅に関連付けたパラメータをそれぞれa、b、c、d、eとして、

5

$x = (a + i e) (y - d) + b / (y - d) + c$
なるパラメータ記述式から、道路パラメータの変動量が算出される。

【0014】

【実施例】図1～図9を用いて実施例を説明する。図1は設定座標系の説明図、図2はカメラ座標系における白線モデルの説明図、図3は画像座標系における新旧白線候補点の対応点の説明図、図4は走行路検出装置構成の説明図、図5は処理全体のフローチャート、図6はウインドウ更新処理のフローチャート、図7は白線候補点検出処理のフローチャート、図8は白線候補点検出方法の説明図とフローチャート、図9はウインドウ設定位置に関する説明図である。

【0015】まず、白線モデルについて説明する。白線モデルは、白線の三次元形状を表現する近似式である。白線モデルを路面画像の座標系に座標変換して、本実施例のパラメータ記述式が作成される。パラメータ記述式は、路面画像上の白線の関数表現である。路面画像の座標系(x, y)とカメラ座標系(X, Y, Z)の関係を図1に示す。図1において、道路24上を自車両とともに原点が移動するカメラ座標系23によって白線25の近似式を設定する。ここでは、車両進行方向とカメラ光軸のなす角、および車両静止時のカメラ光軸と路面のなす角がそれぞれ0となるようにカメラが車体に取り付けられる。

【0016】本実施例の白線モデルは、主として高速道路を対象としており、Z軸回りの回転(ロール角)、路面の勾配、バンク角を無視している。大地に固定された座標系の代わりに、刻々の車両位置(カメラ位置)を原点とする道路座標系を用いるため、道路構造を簡単な二次式で近似しても、必要な計測項目に対応する複数の道路パラメータについて、実用的に十分な検出精度を確保できる。

【0017】白線モデルは、道路の三次元形状、車両位置、車両姿勢をそれぞれ表す道路パラメータを用いて、白線25を、水平面(X-Z)では二次式、垂直面(Z-Y)では一次式で近似する。図2のように道路パラメータを定めて、(1)式のように近似式を設定した。図2中、(a)は水平面、(b)は垂直面を示す。

$$x = (a + i e)(y - d) + \frac{b}{y - d} + c$$

$$\begin{aligned} a &= -\frac{A}{H_0} \\ b &= -B H_0 f^2 \quad d = -Df + yc \\ c &= -Cf + xc \quad e = \frac{E}{H_0} \end{aligned}$$

本実施例では、路面画像上の白線をxy座標系で検出した後、XYZ座標系に変換することなく(3)式のパラメータa～eを路面画像より算出したり直接に推定したりする。パラメータa～eが確定すれば、道路曲率ρ、

6

【数1】

$$\begin{aligned} X &= B Z^2 + C Z + A - i E \\ Y &= D Z - H_0 \end{aligned} \quad (1)$$

図2の(a)において、道路の左端の白線から順に白線を0、1、2、…i番とする。0～i番の白線が共通の(1)式で記述される。カメラ座標系(X, Y, Z)の原点は、車両の進行とともに刻々と前方に移動し、

(1)式中のA～Eのパラメータをそれぞれ変化させ
る。

【0018】パラメータAは車両の左側に位置する白線と車両中心(撮像装置の取り付け位置)との距離(以下偏位)、パラメータBは車両前方の道路曲率、パラメータCはZ=0における白線の接線方向に対する車両のヨ一角、パラメータDは道路平面に対する車両のピッチ角(道路とZ軸の相対角度)、パラメータEは白線間距離(直線路やZ=0では車線幅)にそれぞれ相当する。この白線モデルに三次元から二次元への透視変換を行つて、路面画像の座標系(x, y)で記述された路面画像上の白線モデル、すなわち本実施例のパラメータ記述式を作成する。

【0019】図1のように、三次元空間であるXYZ座標系が、焦点距離fの光学レンズを通して、xy座標系の平面的な画面に投影されるとき、三次元空間のXYZ座標は、次の(2)式の透視変換を通じてx, y座標に変換される。XYZ座標系で記述される道路上の構造物は、路面画像上に射影されて、(2)式によって変換されたxy座標系の画像となる。

【数2】

$$\begin{aligned} x &= -f \frac{X}{Z} + xc \\ y &= -f \frac{Y}{Z} + yc \end{aligned} \quad (2)$$

【0020】上記の関係を基に、(1)式は、(3)式のごとく、路面画像上の白線モデルに変換される。ここで、定めたパラメータa～eは、(3)式の記述を簡略にするために、前述のパラメータA～Eにそれぞれ関連付けて新たに定義したパラメータである。

【数3】

ヨ一角tanβ、ピッチ角tanαの各道路パラメータは(4)式によって求め得る。

【数4】

7

8

$$\rho(Z) = \frac{2b/H_0 f^2}{\{1 + (2bZ/H_0 f^2)^2\}^{3/2}}$$

$$\frac{dX}{dZ}(Z=0) = C = \tan\beta = -\frac{c}{f} \quad (4)$$

$$\frac{dY}{dZ} = D = \tan\alpha = -\frac{d}{f}$$

【0021】次に、パラメータ $a \sim e$ の推定方法について説明する。路面画像上の道路構造は時間軸に対して滑らかに変化すると仮定する。図3は、前時刻の路面画像と現時刻の路面画像との間の白線部分の移動を示す。ここで、添字newは現在のフレーム、添字oldは1フレーム前を意味する。本実施例では、1/30秒間隔で路面画像のフレームを取り込み、路面画像の白線上から複数の白線部分を取り出してx y座標値を求め、リアルタイムにパラメータを推定する。パラメータの推定は、1フ

レーム前の路面画像から求めた前回の白線位置に対して、現在のフレームの白線位置を比較する手法による。図3に示すように、前回求めたパラメータ $a \sim e$ からの変動量を $\Delta a \sim \Delta e$ と仮定すると、路面画像(x, y)におけるi番の白線のj個目の点 x_{ij} の微小変動量 Δx_{ij} は、2次以上の項を無視すれば Taylor の定理によって、次の(5)、(6)式で表される。

【数5】

$$\Delta x_{ij} = A'_{ij} \Delta a + B'_{ij} \Delta b + C'_{ij} \Delta c + D'_{ij} \Delta d + E'_{ij} \Delta e \quad (5)$$

$$\begin{aligned} A'_{ij} &= \frac{\partial x_{ij}}{\partial a} = y_{ij} - d \\ B'_{ij} &= \frac{\partial x_{ij}}{\partial b} = \frac{1}{y_{ij} - d} \\ C'_{ij} &= \frac{\partial x_{ij}}{\partial c} = 1 \\ D'_{ij} &= \frac{\partial x_{ij}}{\partial d} = -(a + ie) + \frac{b}{(y_{ij} - d)^2} \\ E'_{ij} &= \frac{\partial x_{ij}}{\partial e} = (y_{ij} - d)i = iA'_{ij} \end{aligned} \quad (6)$$

【0022】変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ の推定には最小二乗法を用いる。そのための評価誤差関数として、次の(7)～

30 (9) 式を定義する。

【数6】

$$e_{model} = \sum_i \sum_j p_{ij} (\Delta x_{ij} - K_{ij})^2$$

$$K_{ij} = x_{newij} - x_{oldij} \quad (7)$$

$$e_{smooth} = S_{\Delta a} \Delta a^2 + S_{\Delta b} \Delta b^2 + S_{\Delta c} \Delta c^2 + S_{\Delta d} \Delta d^2 + S_{\Delta e} \Delta e^2 \quad (8)$$

$$e_{total} = e_{model} + e_{smooth} \quad (9)$$

ここに、(7)式は前回の検出結果 x_{oldij} と新たに検出された x_{newij} との差によって定義される評価誤差関数であり、(7)式中の p_{ij} は白線候補点の確からしさを表す。また、(8)式は、パラメータが時間軸方向に滑らかに移動するという仮定を表現した評価誤差関数で

あって、Sは重み係数である。以上に示した評価誤差関数の和が(9)式の和 e_{total} で示され、和 e_{total} を最小となしめる $\Delta a \sim \Delta e$ を求ることにより、(10)式のごとくパラメータを更新する。

【数7】

9

$$\begin{aligned}a_{new} &= a_{old} + \Delta a \\b_{new} &= b_{old} + \Delta b \\c_{new} &= c_{old} + \Delta c \\d_{new} &= d_{old} + \Delta d \\e_{new} &= e_{old} + \Delta e\end{aligned}$$

10

(10)

ここで、走行車線内の車両位置と道路幅に関連づけられた道路パラメータ a 、 e の更新された値 a_{new} と e_{new} は、現在のフレームの路面画像上から検出した白線候補点の位置座標より、推定することなく直接正確な値を算出することができる。このため、新たな道路パラメータを得るには変動量 Δb 、 Δc 、 Δd を算出すればよい。

【0023】また、 a_{new} と e_{new} が路面画像上から直接算出できることより、(5) 式、(8) 式の Δa 、 Δ

e は定数となり、(9) 式を最小とならしめる変動量 $\Delta b \sim \Delta d$ は、次の(11)式の線形連立方程式を解くことにより求められる。なお、行列中の $P_{ij}Q_{ij}R_{ij}$ の形式の各要素は、2重の総合記号を省略して記述したものの、すなわち、 $\sum \sum P_{ij}Q_{ij}R_{ij}$ (1番目の Σ は i 、2番目の Σ は j について総合記号) を意味する。

【数8】

$$(\mathbf{E}_M + \mathbf{E}_S) \begin{pmatrix} \Delta b \\ \Delta c \\ \Delta d \end{pmatrix} = \mathbf{k} \quad (11)$$

$$\mathbf{E}_M = \begin{pmatrix} p_{ij}B'_{ij}B'_{ij} & p_{ij}C'_{ij}B'_{ij} & p_{ij}D'_{ij}B'_{ij} \\ p_{ij}B'_{ij}C'_{ij} & p_{ij}C'_{ij}C'_{ij} & p_{ij}D'_{ij}C'_{ij} \\ p_{ij}B'_{ij}D'_{ij} & p_{ij}C'_{ij}D'_{ij} & p_{ij}D'_{ij}D'_{ij} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{E}_S = \begin{pmatrix} S_{aa} & 0 & 0 \\ 0 & S_{ee} & 0 \\ 0 & 0 & S_{dd} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{k} = \begin{pmatrix} p_{ij}B'_{ij}K_{ij} \\ p_{ij}C'_{ij}K_{ij} \\ p_{ij}D'_{ij}K_{ij} \end{pmatrix}$$

【0024】本実施例は、(3) 式のパラメータ記述式を用いて、刻々の白線部分の検出結果から直接 a と e を算出するとともに、(11) 式を解いてパラメータ $b \sim d$ を推定する。図4に本実施例の機能構成を示す。撮像部11は車両前方の路面を撮像して、入力画像を取り込む。入力画像に対して、前処理のエッジ検出が実行されて白線の特徴が際立たせられる。白線候補点検出部12は、路面画像の座標系で記述された複数の白線候補点の位置情報を抽出する。ここでは後述するように路面画像上の白線が想定される位置に小領域(ウインドウ)を複数個設定して、ウインドウ内の白線部分を検出しているが、白線上の複数の点の画像座標系における位置座標は他の手法で求めてよい。

【0025】道路パラメータ算出部19は、路面画像から得られた現時刻の白線候補点のうちで、最下端の左右

40 の白線候補点の位置情報から、画像座標系での走行車線内の車両位置に関連付けた最新のパラメータ a_{new} と、道路幅に関連付けた最新のパラメータ e_{new} を算出する。前回の白線モデル(曲線式)上の点列を計算する算出部17は、前回の入力画像から求めたパラメータに基づいて、前回の路面画像における白線候補点の仮想的な位置をそれぞれ演算する。白線候補点と白線モデルの点列とのズレ量算出部13は、白線候補点検出部12より得られた現時刻の白線候補点位置と、前回の白線モデル上の点列を計算する算出部17より得られた前回の白線候補点位置とを比較し、車両の前進に伴なう前回から現時刻までの白線候補点の移動量、すなわちズレ量を演算する。

【0026】パラメータ変動量算出部14は、白線候補点と白線モデル点列とのズレ量算出部13におけるズレ

11

量に基づいて設定される(11)式を解いて、(7)～(9)式の最小二乗法によるパラメータ変動量 $\Delta b \sim \Delta d$ を推定する。この変動量に基づいて前回のパラメータを更新する道路パラメータ更新部18は、(10)式にパラメータ変動量算出部14で求めたパラメータ変動量 $\Delta b \sim \Delta d$ を代入して、最新のパラメータ $b_{new} \sim d_{new}$ を推定する。

【0027】前回のパラメータを補正する補正部15は、道路パラメータ算出部19で画像から直接求めたパラメータ a_{new}, e_{new} と、道路パラメータ更新部18で最小二乗法に基づく変動量から求めた $b_{new} \sim d_{new}$ に検出パラメータ保持部16の前回のパラメータ $a_{old} \sim e_{old}$ を置き換える。また、最新のパラメータから道路パラメータ（曲率などの道路構造の定数）を算出して出力する。検出パラメータ保持部16は、最新のパラメータを保持して、白線候補点と白線モデル点列とのズレ量算出部13における次画面の処理に供する。以上の操作で1画面の処理を終了する。

【0028】本実施例の全体処理のフローチャートが図5に示される。図5のフローチャートにおけるステップ124の詳細なフローチャートが図6に、ステップ115の詳細なフローチャートが図7に示される。また、図7のフローチャートにおけるステップ152の詳細なフローチャートが図8の(b)に示される。図4の構成における1画面の処理は、1個の演算装置を時分割して、図5のステップ115～125のループを通じて順番に実行される。

【0029】図5において、ステップ110～114では、白線候補点の位置情報を検出するための初期値を取り込む。これらの初期値は運転者のキーボード操作を通じて設定されるが、例えば、真直ぐな道路の車線中央を直進している状態に相当する一定のデータとしてROMに保持しておいてもよい。本実施例では、刻々の白線候補点検出結果に基づいてパラメータを演算する際や、白線候補点を路面画像上で検出（ウインドウ設定）する際に、パラメータを代入済みのパラメータ記述式が不可欠であるから、ステップ115～125のループを開始する前に、初期値を与えてパラメータ記述式を完成させておく。また、路面画像上の白線に対応させて初回のウインドウ位置と配置を設定する。

【0030】すなわち、ステップ110ではパラメータ $a \sim e$ 、ステップ111では路面画像上で検知すべき白線の本数 m 、ステップ112では路面画像上のウインドウ初期設定位置、ステップ113では前述の(8)式の重み付け定数、ステップ114では白線1本当たりのウインドウ設定数 n がそれぞれ初期値として設定される。

【0031】図5のステップ115は、白線候補点検出部12に対応する。ステップ115では、初回は初期値、2回目からは前画面の処理結果に基づいて、路面画像上に複数の小領域（ウインドウ）を設定する。そし

12

て、複数のウインドウのそれぞれについて、白線候補点の位置情報を検出する。この位置情報は、それぞれの白線候補点の位置座標 x_{1ij}, x_{2ij} と確からしさ P_{ij} とで構成される。ステップ115における処理の詳細を、図7、図9を参照して説明する。図7はウインドウ設定処理のフローチャート、図9は画面に白線が撮像されている様子である。図9中、(a)は路面画像、(b)は1個のウインドウにおける白線部分の検出を示す。

【0032】図9の(a)において、路面画像26には、道路24G上の白線25Gが捕捉されている。道路24Gの左端の白線25Gから $i = 0, 1, 2, \dots$ と番号が付され、 $i = 0, 1$ の2本の白線に対して4個づつのウインドウ21が設定されている。ウインドウ21は、パラメータ記述式から位置を定めて、路面画像上の白線に沿って複数個が設定される。パラメータ記述式に対して初回は初期値、2回目からは前回の入力画像から求めたパラメータが代入される。

【0033】ウインドウの設定は、白線候補点の検出に関する画素（明るさデータ）数を削減し、また、路面と白線という明白なコントラストの判別だけで白線部分の検出を可能にする。路面画像上の所定の高さ位置(y_1, y_2)に定めたウインドウで白線部分を取り出す。ウインドウの上辺と下辺を白線が横切るx座標(x_1, x_2)を求めて、2つの白線候補点の位置座標(x_1, y_1 , x_2, y_2)を確定させる。

【0034】図9の(b)において、1個のウインドウ21は、上端の中心点(x_{1Wij}, y_{1ij})、下端の中心点(x_{2Wij}, y_{2ij})、および幅 W_{1ij}, W_{2ij} を定めることにより位置と大きさを定める。ウインドウの高さ位置(y_1, y_2)は所定の値として与えられ、水平位置(x_{1Wij}, x_{2Wij})がパラメータ記述式により演算される。ここでは、ウインドウ高さを $d_y = \text{一定}$ としている。1個のウインドウ21から得られる2つの白線候補点の確からしさ p_{1ij}, p_{2ij} は、(12)式により定義する。

【数9】

$$p_{1ij} = p_{2ij} = \frac{p_{ij}}{p_{i-\max}} \quad (12)$$

ここに、数値 $p_{i-\max}$ は、 i 番目の白線上のウインドウ群によって検出される濃度値の和の最大値である。

【0035】図5のステップ115では、図7に示すフローで白線候補点を検出する。図7において、ステップ115で処理の初期化が行われ、ステップ152～155を通じて、路面画像上の同じ高さ位置 y の m 本の白線に対応する n 個のウインドウについて、順番に白線候補点のx座標 x_{1ij}, x_{2ij} と「ウインドウ内における白線候補点の確からしさ p_{ij} 」を検出する。 n 個のウインドウを処理し終わると、ステップ157を通過して、ステップ158で、 i を1増し、ステップ160で j を0として、右隣に位置する白線に対応するウインドウにお

ける白線候補点の検出に移行する。

【0036】上記のようにして、ステップ152～160の処理をm本の白線に対して完了するまで繰り返す。図9の(a)に示すウインドウ設定例で言えば、 $i = 0$ の4個のウインドウ21で $j = 0, 1, 2, 3$ と順番に処理し、続いて $i = 1$ の4個のウインドウ21で $j = 0, 1, 2, 3$ と順番に処理する。

【0037】次に、図7のステップ152における処理の詳細を図8を参照して説明する。図8は1個のウインドウ内における白線候補点の検出処理の説明図である。図8中、(a)は1個のウインドウ、(b)は白線候補点検出処理のフローチャートである。白線候補点の検出処理では、演算装置に取り込まれた路面画像のメモリデータから、ウインドウの範囲に該当するデータを呼び出して識別と演算を実行する。このとき、図9の(a)のように、モニター画面に表示された路面画像26の上に重ねてウインドウ21の範囲が表示される。

【0038】図8の(a)において、ウインドウ21は、その上底が $[x = x_{1i} (i = 0 \sim f), y = y_1]$ の座標値を占め、その下底が $[x = x_{2j} (j = 0 \sim g), y = y_2 = y_1 + d_y]$ の座標値を占める台形ウインドウである。ウインドウ21が切り取る白線部分の両端が白線候補点である。ウインドウの高さ位置(y_1, y_2)は所定の値として与えられているので、水平位置(x_{1ij}, x_{2ij})のみを求める。

【0039】図8の(b)において、ステップ101で各値を初期化後、上辺の1個の画素と下辺の1個の画素を結ぶ線分の画素群を順番に呼び出して画素の濃度値の和pを算出する。ループ105で「上辺の1個の画素と下辺のg個の画素の組み合わせが試され($j = 0 \sim g$)、ループ106で上辺のf個の画素が網羅される($i = 0 \sim f$)。ステップ107の条件に達すると1つのウインドウの処理が完了する。

【0040】すなわち、ステップ102で点(x_{1i}, y_1)と点(x_{2j}, y_2)を結ぶ直線上の画素の濃度値の和pを算出し、ステップ103で濃度和pの過去の最大値 p_{max} と比較する。ステップ103の条件が成立すれば、ステップ104で p_{max}, x_1, x_2 の各値を更新する。ステップ109では、濃度和 p_{max} が最大となるときの(x_{1i}, x_{2j})を白線候補点のx座標値として出力する。このとき得られる濃度和 p_{max} が白線候補点の確からしさである。

【0041】図5のステップ116は、図4の道路パラメータ算出部19に相当する。ステップ116では、図9の(a)に示した自車走行車線の左右両側の最下端の白線候補点28、29の位置座標から走行車線内の車両位置に関連付けたパラメータ a_{new} と、道路幅に関連付けたパラメータ e_{new} を算出する。

【0042】ここで、自車走行車線の左側の最下端の白線候補点28のx座標値は、前述のように x_{203} ($i = 50$

$, j = 3$)であり、右側の最下端の白線候補点29のx座標は x_{213} ($i = 1, j = 3$)、カメラの光軸Zの画像座標系でのx座標値30は x_c である。この場合、走行車線内の車両位置に関連付けた現フレームでの最新のパラメータ $a_{new} = x_c - x_{203}$ 、道路幅に関連付けた現フレームでの最新のパラメータ $e_{new} = x_{213} - x_{203}$ となり、画像座標系での座標値から直接算出される。最下端の白線候補点において、上記の算出が可能であるのは一般的に車両近傍では白線は略直線であり、道路平面が車両姿勢と略平行であるためである。

【0043】図5のステップ117～119は、図4の白線候補点と白線モデル点列とのズレ量算出部13に相当する。ステップ117～119では、ステップ115における白線候補点の検出結果から(11)式が設定される。ステップ120は、図5のパラメータ変動量算出部14に対応し、(11)式を解きパラメータ変動量 $\Delta b \sim \Delta d$ が算出される。ステップ121は、図5の道路パラメータ更新部18に対応し、パラメータの変動量に基づいて前回のパラメータを更新する。

【0044】上記の処理では、(10)式にパラメータ変動量算出部14で求めたパラメータ変動量 $\Delta b \sim \Delta d$ を代入して、最新のパラメータ $b_{new} \sim d_{new}$ を推定する。ステップ122は、前回のパラメータを補正する補正部15に対応し、ステップ116で画像から直接求めた最新のパラメータ a_{new}, e_{new} と、ステップ121で変動量から推定した最新のパラメータ $b_{new} \sim d_{new}$ を前回のパラメータに置き換える。

【0045】ステップ123は、前回のパラメータに置き換えられた最新のパラメータ $a_{new} \sim e_{new}$ とを記憶し、検出パラメータ保持部16に対応する。ステップ124は、図4の白線候補点検出部12に含まれ最新のパラメータに基づいて次の路面画像でウインドウを設定すべき位置を求める。ステップ125は、図4の変動量に基づいて前回のパラメータを補正する補正部15に含まれ、最新のパラメータから(6)式の道路パラメータの各値を算出して出力する。

【0046】ステップ124におけるウインドウ更新処理は、図6のフローチャートに従って実行される。図6において、ステップ131では、図9の(a)の $i = 0, 1$ の白線における路面画像26上で最も高い(自車両から最も遠い)位置の白線候補点を検出する $j = 0$ のウインドウ21について、ウインドウ21を設定すべき高さ位置 y が設定される。

【0047】ステップ132で処理の初期化が行われ、ステップ133～136を通じて、図9の(a)のウインドウ21の高さ位置 y_{1ij} を初めて与えて、高さ位置 y_{1ij}, y_{2ij} で白線が通過すべきx座標 x_{1w1j}, x_{2w1j} が計算される。路面画像上のx座標 x_{1w1j}, x_{2w1j} を中心とする所定の幅(図9の(b)に置ける w_{1ij}, w_{2ij} の2倍)をウインドウが占める。ステップ

133～137を繰り返して、検出すべき白線に対し n 個のウインドウの設定位置を定めた後に、路面画像上で右側の隣接する白線のウインドウを設定する。ステップ133～140を通じて、 m 本の白線のそれぞれに n 個づつのウインドウが設定される。

【0048】図5のフローチャートにおいて、発明の検出パラメータ保持手段はステップ123に、発明の白線候補点検出手段はステップ115に、発明の道路パラメータ算出手段はステップ116に、発明の白線候補点位置ズレ量算出手段はステップ117～119に、発明のパラメータ変動量算出手段はステップ120に、発明の道路パラメータ更新手段はステップ121に、発明のパラメータ補正手段はステップ122にそれぞれ対応する。

【0049】以上説明したように、本実施例の走行路検出装置では、最新のパラメータ記述式でウインドウを更新しつつ、白線を連続的に追従して必要な道路パラメータを出力し続ける。このとき路面画像の座標系における線形演算処理のみで道路パラメータが直接に求まり、データの座標変換を必要としないうえ、画像から直接算出できるパラメータはこの演算処理も必要としないため従来の走行路検出装置に比較して、演算負荷が軽減される。

【0050】また、画像から直接算出されるパラメータは最小二乗法の計算によらず最新のパラメータが求められるため、推定値となるパラメータが少なくなり、最小二乗法のマトリックス演算を含むにもかかわらず、簡単な公式によりデータ数を少なくし、必要な演算を多くしないで済む。さらに、推定値が少ないことは道路パラメータの精度向上にもつながっている。

【0051】また自車両とともに原点が移動する座標系で白線の三次元形状の近似式を記述したので、簡単な二次曲線式による近似でも、道路パラメータの推定結果に十分に実用的な精度を確保できる。そしてこの近似式によれば、自動運転や種々の警報に関して、特に高い精度が要求される自車両に近い部分について、道路パラメータを精度高く求めることができる。さらに、白線位置の推定によってウインドウを無駄なく白線に割り当てるため、少ないウインドウ数でもデータ不足によって道路パラメータを決定し損なうことがない。

【0052】本実施例の走行路検出装置では、また、白線候補点の確からしさを加味してパラメータを決定するから、ウインドウから白線が外れた場合にはそのウインドウの検出結果が無視され、そのウインドウによる間違ったデータが道路パラメータの推定結果に悪影響を及ぼさない。

【0053】また、白線候補点の確からしさによって、自車両に近くて路面画像上で明確な白線部分から求めた精度の高いデータが重く用いられることになるうえ、一部パラメータはこの明確な白線候補から直接算出するた

め、求めた道路パラメータの精度が高まる。

【0054】また、急激な車線変更等で自車両に近い位置のウインドウから白線が外れた場合でも、遠方の白線部分はウインドウから外れないから、遠方の白線部分の検出結果に基づいて道路モデルが次第に修正され、遠い位置の白線部分から順次ウインドウ内に自動復帰して、自車両に近い位置のウインドウも白線を再度捕捉できる。そして、その復帰の期間中、出力される道路パラメータの精度が向上し続ける。

【発明の効果】以上の説明のように、本発明に関わる走行路検出装置では、路面画像から白線を検出して道路パラメータを直接算出したり、白線の移動量から道路パラメータ推定する処理を通じて、データを座標変換する演算処理が不要であるうえ、推定する道路パラメータの数も少ないため、従来の走行検出装置に比較して演算量が大幅に削減される。したがって一般的な演算装置を使用した場合でも、毎秒10～100画面の路面画像を余裕を持って処理できる。これにより、刻々の白線状態を細かい時間間隔で補足しても、道路の三次元形状や自車両の姿勢をリアルタイムに出力できる。

【0056】さらに推定する道路パラメータを少なくしたため、道路形状や車両姿勢の検出精度も高く、また、この走行路検出装置を基に構成された車両用障害物報知装置、接近回避装置などの予防安全装置は、精度が高く適切な報知を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】設定座標系の説明図である。

【図2】カメラ座標系における白線モデルの説明図である。

【図3】画像座標系における新旧白線対応点の説明図である。

【図4】構成の説明図である。

【図5】処理全体のフローチャートである。

【図6】ウインドウ更新のためのフローチャートである。

【図7】白線候補点の検出のフローチャートである。

【図8】白線候補点の検出方法の説明図である。

【図9】ウインドウ設定位置の説明図である。

- 1 1 撮像部
- 1 2 白線候補点検出部
- 1 3 白線候補点と白線モデル点列とのズレ量算出部
- 1 4 パラメータ変動量算出部
- 1 5 前回のパラメータを補正する補正部
- 1 6 検出パラメータ保持部
- 1 7 前回の白線モデル（曲線式）上の点列を計算する算出部
- 1 8 道路パラメータ更新部
- 1 9 道路パラメータ算出部

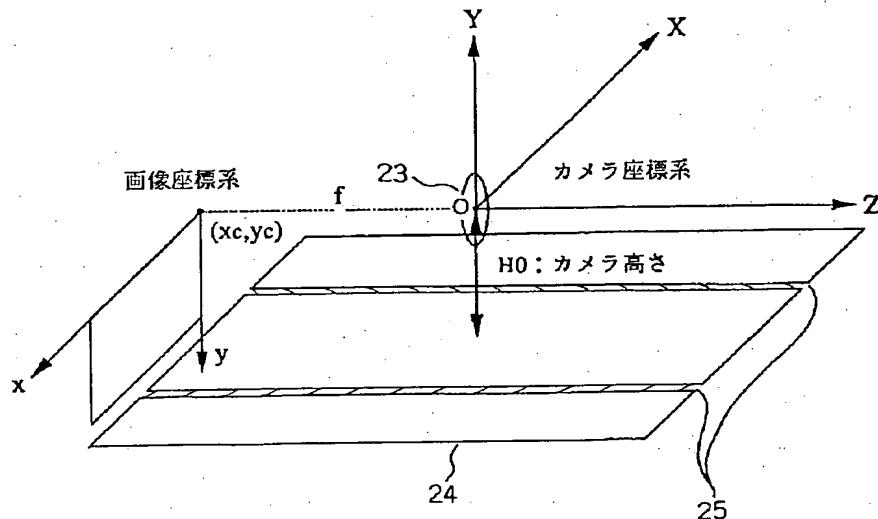
17

18

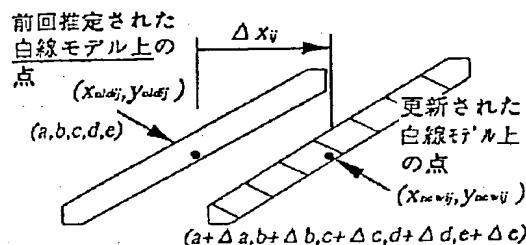
- 21 ウィンドウ
23 座標系
24、24G 道路
25、25G 白線

- 26 路面画像
28 自車走行車線の左側最下端の白線候補点
29 自車走行車線の右側最下端の白線候補点
30 カメラの光軸の画像座標系でのx座標

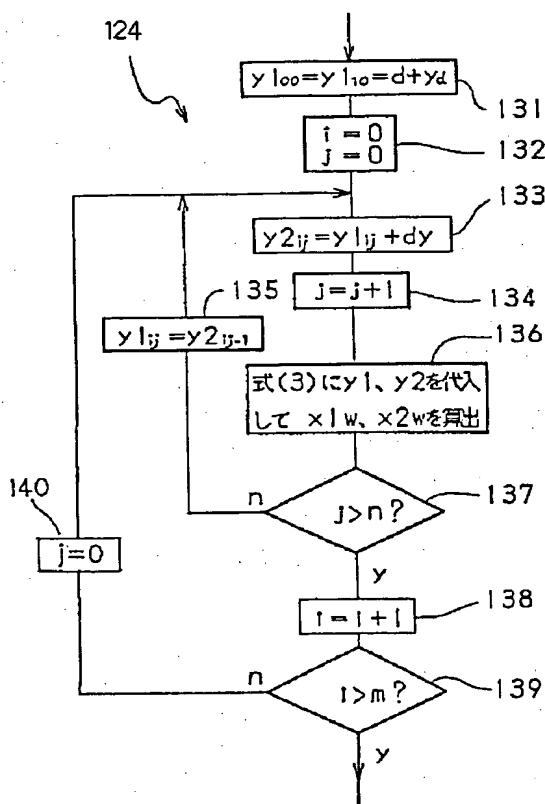
【図1】



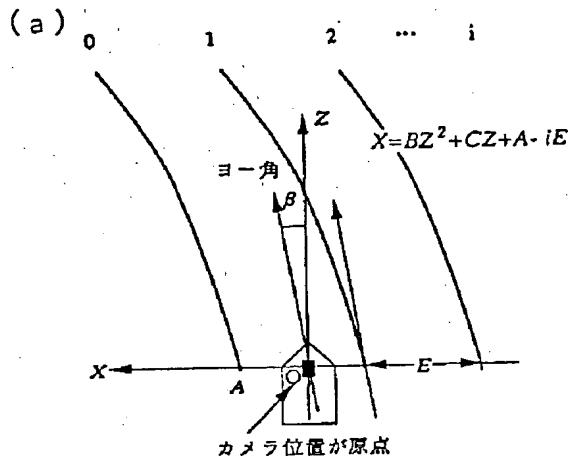
【図3】



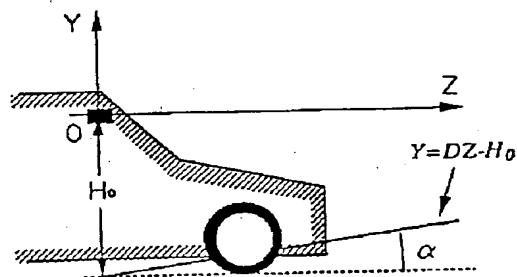
【図6】



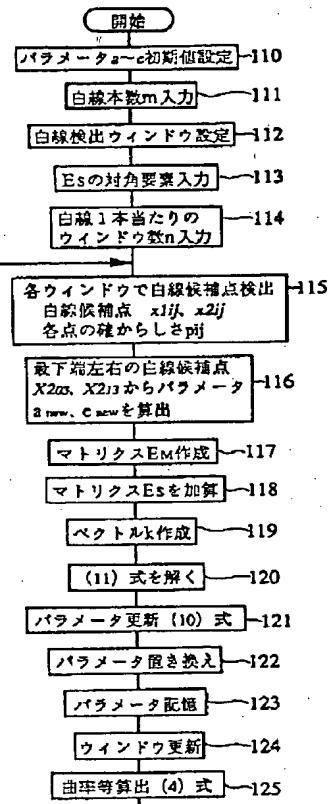
【図2】



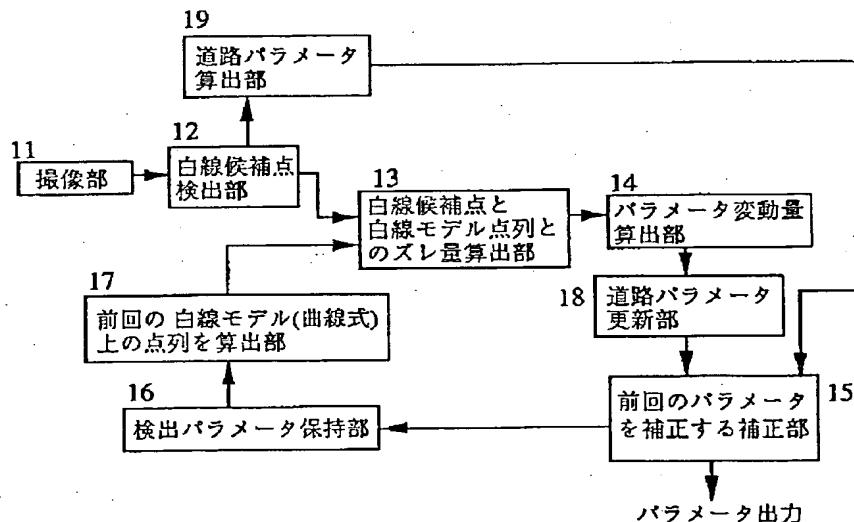
(b)



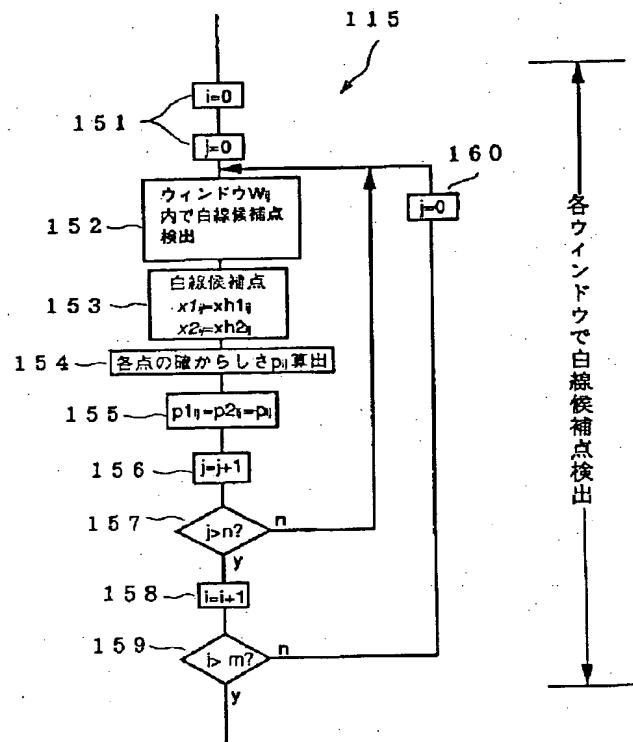
【図5】



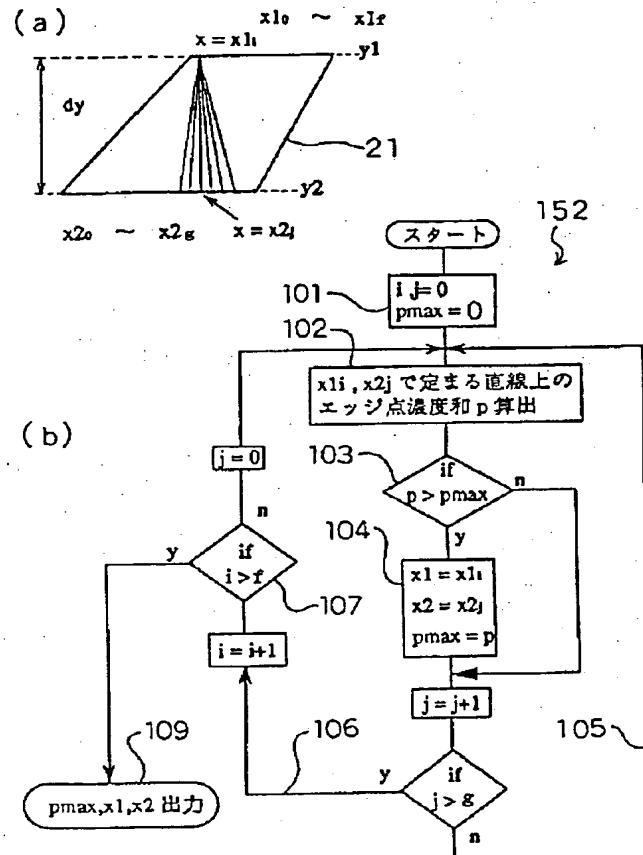
【図4】



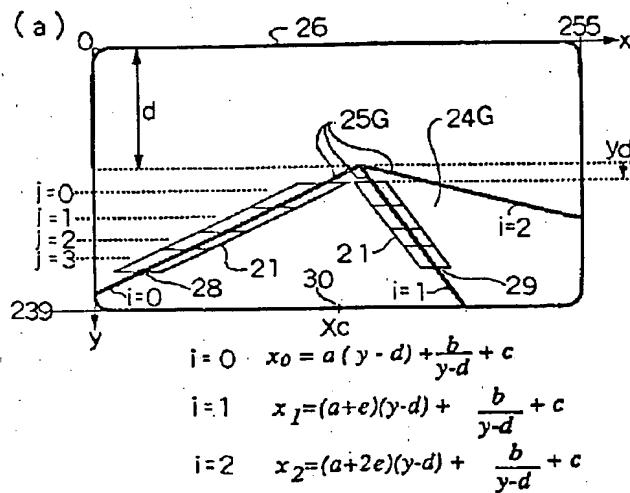
【図7】



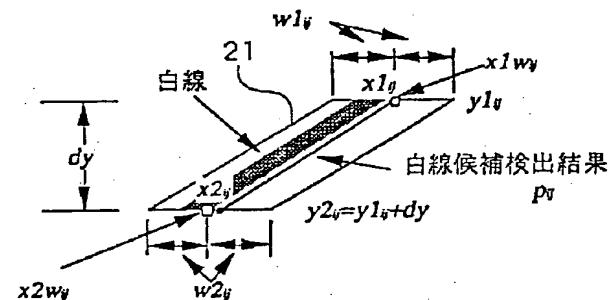
【図8】



【図9】



(b)



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

G 08 G 1/09

識別記号

府内整理番号

F I

G 08 G 1/09

技術表示箇所

H

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.